

# Contribución al estudio sobre el comportamiento ambiental y degradación de jabones

Pedro José Varó Galvañ

## Tesis de Doctorado

**Facultad:** Ciencias

**Director:** Dr. Daniel Prats Rico

1996

**UNIVERSIDAD DE ALICANTE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUIMICA**



TESIS DOCTORAL

**CONTRIBUCION AL ESTUDIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO**  
**AMBIENTAL Y DEGRADACION DE JABONES**

Memoria que para optar al grado de Doctor  
en Ingeniería Química presenta

PEDRO JOSE VARO GALVÁN

Alicante, Julio 1996



DANIEL PRATS RICO, Catedrático del Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Alicante,

**CERTIFICA:**

Que D. PEDRO JOSE VARO GALVAÑ, Licenciado en Ciencias Químicas, ha realizado bajo mi dirección, en el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Alicante, el trabajo que con el título "CONTRIBUCION AL ESTUDIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL Y DEGRADACION DE JABONES", constituye su Memoria para aspirar al Grado de Doctor en Ingeniería Química, reuniendo a mi juicio, las condiciones necesarias para ser presentada y defendida ante el Tribunal correspondiente.

Y para que conste a los efectos oportunos, en cumplimiento de la legislación vigente, firmo el presente Certificado en Alicante, a uno de julio de mil novecientos noventa y seis

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, likely representing the name Daniel Prats Rico.

Fdo.: Daniel Prats Rico  
Catedrático de Ingeniería Química





## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha realizado en el Departamento de Ingeniería Química de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Alicante, bajo la dirección del Dr. D. Daniel Prats Rico, a quien deseo manifestar mi más profundo y sincero agradecimiento por haberme encomendado la presente investigación, como por su continua y valiosa dirección, así como la constante ayuda prestada que ha hecho posible la finalización de este trabajo.

La realización de este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración de Petroquímica Española, S.A., a través de los proyectos de investigación que sobre Reducción de Tensioactivos Aniónicos se vienen desarrollando entre el Departamento de Ingeniería Química y la citada empresa. Es por ello que deseo expresar mi agradecimiento al Dr. D. Francisco Ruiz Bevía investigador principal en dichos proyectos y director del Dpto. de Ingeniería Química, así como al Dr. D. José Luis Berna director de investigación y desarrollo de Petresa y a su equipo de investigación por su orientación en la realización de este trabajo. Y muy especialmente a D. Juan de Ferrer por su ayuda en la puesta a punto de las técnicas de análisis de jabones y por compartir su experiencia sobre el comportamiento de estos compuestos.

Asimismo este trabajo se enmarca en los programas de investigación PRT - 94-0047 "Estudio en plantas industriales de la degradación anaerobia de tensioactivos aniónicos", y GV -2229-94 "Biodegradación e impacto medioambiental de agentes tensioactivos aniónicos".

A todos los profesores y componentes del Departamento de Ingeniería Química por su ayuda desinteresada.

A los compañeros del proyecto de investigación de Tensioactivos Aniónicos, Bea, Miguel Angel por su ayuda con los sedimentos marinos y muy especialmente a Manuel Rodríguez, compañero de tesis, que a lo largo de estos años en el Departamento me ha prestado su ayuda y colaboración, sin la que me hubiera sido difícil llevar a buen término esta investigación.

A Pedro Bonete por su ayuda en la preparación de muestras con el rotovapor.

Finalmente quisiera destacar las facilidades que la empresa EMARASA ha puesto a mi disposición para las numerosas tomas de muestra que he debido realizar en la EDAR de Rincón de León, es por ello que manifiesto mi agradecimiento a Mariano, Mari Carmen, Morote y a Dr. D. Rafael Ruiz Zapata por su ayuda y facilidad de acceso a dicha planta.





*A Cristina  
Y Pedro Roman*



# INDICE



---

**INDICE**

RESUMEN	3
1. INTRODUCCION	7
1.1. Detergentes y tensioactivos	8
1.1.1. Composición de los detergentes	9
1.1.2. Clasificación y propiedades de los tensioactivos	10
1.1.3. Producción de tensioactivos	14
1.1.4. Detergentes y medio ambiente	17
1.1.5. Requerimientos ambientales	21
1.2. Jabones	28
1.2.1. Desarrollo histórico	28
1.2.1.1. Los orígenes del jabón	28
1.2.1.2. Impacto del desarrollo industrial de los jabones	30
1.2.2. Descripción y propiedades	31
1.2.2.1. Nomenclatura	31
1.2.2.2. Propiedades generales	33
1.2.2.3. Aplicaciones	34
1.2.3. Producción y consumo	36
1.2.4. Compatibilidad ambiental	39
1.2.4.1. Solubilidad en agua	39
1.2.4.2. Degradación por oxidación química	39
1.2.4.3. Vías de eliminación de jabones en EDAR	39
1.2.4.4. Toxicidad acuática	42
1.2.4.5. Estudios sobre biodegradación de jabones	45
1.3. Ecosistemas	48
1.3.1. Ecosistemas anaerobios	48
1.3.1.1. Ecosistemas anaerobios naturales	48
1.3.1.2. Ecosistemas anaerobios producidos por el hombre	50
1.3.2. Ecosistemas aerobios	51
1.4. Fermentación anaerobia de lodos	53
1.4.1. Bases de los procesos anaerobios	53
1.4.1.1. Mecanismos	53
1.4.1.2. Aspectos microbiológicos	54
1.4.2. Caracterización de la Digestión anaerobia	55
1.5. Tierras de cultivo enmendadas con lodos	60
1.6. Sedimentos marinos	64
1.6.1. Formación de recursos minerales en los sedimentos	64
1.6.2. Procesos microbiológicos en los sedimentos	65
1.6.3. Vertidos submarinos	69

2. OBJETO Y ALCANCE DE LA INVESTIGACION	73
3. MATERIALES Y METODOS	77
3.1. Instalaciones de depuración y matrices estudiadas	77
3.1.1. Fermentación anaerobia de lodos	77
3.1.1.1. Descripción del proceso de depuración	78
3.1.1.2. Períodos de muestreo	84
3.1.1.3. Preparación y conservación de muestras	84
3.1.1.4. Parámetros analizados	85
3.1.2. Campos de cultivos enmendados con lodos	92
3.1.2.1. Descripción y caracterización de la zona de estudio	92
3.1.2.2. Períodos de muestreo	93
3.1.2.3. Preparación y conservación de muestras	93
3.1.2.4. Parámetros analizados	95
3.1.3. Sedimentos marinos	96
3.1.3.1. Descripción y caracterización de la zona de estudio	96
3.1.3.2. Períodos de muestreo	96
3.1.3.3. Preparación y conservación de muestras	100
3.1.3.4. Parámetros analizados	100
3.2. Montajes experimentales en laboratorio	103
3.2.1. Experimento en régimen semicontinuo	103
3.2.1.1. Dispositivo experimental	103
3.2.1.2. Período de muestreo	106
3.2.1.3. Preparación de muestras	106
3.2.1.4. Control analítico	107
3.2.2. Experimento en régimen discontinuo	110
3.2.2.1. Procedimiento estándar para la biodegradación anaerobia	110
3.2.2.2. Dispositivo experimental usado en el presente trabajo	112
3.2.2.3. Preparación de muestras	113
3.2.2.4. Períodos de ensayo	116
3.2.2.5. Control analítico	117
3.2.2.6. Modelos cinéticos	120

4. RESULTADOS Y DISCUSION	123
4.1. Fermentación anaerobia de lodos	123
4.1.1. Caracterización de la línea de lodos	124
4.1.2. Concentraciones de jabones	127
4.1.3. Distribución de jabones	128
4.1.4. Eliminación de jabones	130
4.2. Campos de cultivo enmendados con lodos	135
4.2.1. Caracterización físico química del suelo	135
4.2.2. Concentración y evolución de jabones	136
4.2.3. Cinética de la degradación de los jabones	138
4.3. Sedimentos marinos	141
4.3.1. Caracterización del vertido	141
4.3.2. Materia orgánica	142
4.3.3. Concentración y evolución de jabones	144
4.4. Experimentos en régimen semicontinuo	149
4.4.1. Parámetros controlados	149
4.4.2. Concentración de jabones	156
4.4.3. Distribución de jabones	157
4.4.4. Eliminación de jabones	158
4.5. Experimentos en régimen discontinuo	161
4.5.1. Biodegradación de laurato y estearato sódico a diversas concentraciones	161
4.5.2. Biodegradación de laurato y estearato sódico a diversas temperaturas	166
4.5.2.1. Experimento a 35 °C	166
4.5.2.2. Experimento a 55 °C	168
4.5.2.3. Experimento a 20 °C	170
4.5.2.4. Comparación de la biodegradación a distintas temperaturas	172
4.5.3. Estudio cinético del laurato sódico	174
5. CONCLUSIONES	181
6. APENDICE	185
7. BIBLIOGRAFIA	273





## INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Producción mundial de tensioactivos	10
Tabla 1.2	Consumo de tensioactivos	11
Tabla 1.3	Porcentajes de producción de tensioactivos	11
Tabla 1.4	Usos de tensioactivos	12
Tabla 1.5	Aplicación de tensioactivos	12
Tabla 1.6	Concentración máxima de detergentes en aguas	16
Tabla 1.7	Niveles de jabón en el medio ambiente	16
Tabla 1.8	Composición media de aceites y grasas	28
Tabla 1.9	Composición de ácidos grasos en los jabones comerciales	28
Tabla 1.10	Usos de jabón, 1990	33
Tabla 1.11	Consumos de jabón por regiones, 1990	34
Tabla 1.12	Producción de jabón, diez primeros productores	34
Tabla 1.13	Toxicidad acuática de sales sódicas de ácidos grasos	38
Tabla 1.14	Toxicidad de jabones de longitud de cadena inespecífica	39
Tabla 1.15	Toxicidad de jabones de longitud de cadena C12-C14	40
Tabla 1.16	Toxicidad de jabones de longitud de cadena C16-C18	40
Tabla 1.17	Relación de la biodegradación con la longitud de cadena	41
Tabla 1.18	Biodegradación de jabones	42
Tabla 1.19	Producción de lodo en la CE	62
Tabla 1.20	Destino final de los lodos en los países de la CE	63
Tabla 3.1	Parámetros de operación EDAR Rincón de León	78
Tabla 3.2	Frecuencia y número de muestreos de lodo en EDAR	84
Tabla 3.3	Fechas de muestreo en campo enmendado con lodos	92
Tabla 3.4	Características del vertido en playa Babel	97
Tabla 3.5	Profundidad y dirección de los muestreos de sedimentos	100
Tabla 3.6	Fecha de muestreos en EDAR (exp. semicontinuo)	106
Tabla 3.7	Composición y concentraciones ensayadas (1 ° exp)	115
Tabla 3.8	Composición y concentraciones ensayadas (2 ° exp)	115
Tabla 3.9	Periodos de ensayo (2° experimento)	116
Tabla 4.1	Características del agua residual EDAR R. de León	123
Tabla 4.2	Caudales medios en los digestores EDAR	124
Tabla 4.3	Valores medios de sólidos totales y cenizas en los muestreos EDAR	126
Tabla 4.4	Concentraciones de metales alcalinoterreos	126
Tabla 4.5	Concentración media de jabón. Entrada.	127
Tabla 4.6	Concentración media de jabón. Salida.	127
Tabla 4.7	Distribución de jabón. Entrada.	129
Tabla 4.8	Distribución de jabón. Salida.	129
Tabla 4.9	Eliminación de jabón utilizando cenizas.	131
Tabla 4.10	Eliminación de jabón utilizando calcio y magnesio	131
Tabla 4.11	Eliminación de jabón utilizando caudales máxicos	133
Tabla 4.12	Porcentajes de eliminación de jabón en digestores EDAR	133

Tabla 4.13	Características físico-químicas del suelo	135
Tabla 4.14	Concentración media de jabón en los muestreos de suelos enmendados con lodos	136
Tabla 4.15	Distribución media de jabón en suelos enmendados con lodo	137
Tabla 4.16	Datos de concentración y tiempo para el estudio cinético en suelos	138
Tabla 4.17	Degradación del jabón en el campo estudiado	139
Tabla 4.18	Caracterización de las aguas residuales vertidas	141
Tabla 4.19	Caracterización del vertido al mar	142
Tabla 4.20	Materia orgánica en los sedimentos	143
Tabla 4.21	Concentración de jabón en los sedimentos	145
Tabla 4.22	Distribución de jabón en los sedimentos	146
Tabla 4.23	Concentraciones de jabón en función de la distancia al vertido (sedimentos)	147
Tabla 4.24	Reducción de materia orgánica en los digestores exp.	152
Tabla 4.25	Producción de biogás en los digestores experimentales	154
Tabla 4.26	Composición de biogás en los digestores experimentales	154
Tabla 4.27	Concentraciones medias de jabón en los digestores exp.	156
Tabla 4.28	Distribución media de jabón en los digestores	157
Tabla 4.29	Eliminación de jabón utilizando cenizas	157
Tabla 4.30	Eliminación de jabón utilizando caudales máxicos	159
Tabla 4.31	Eliminación de jabón en los digestores anaerobios	162
Tabla 4.32	Biodegradabilidad del laurato y estearato de sodio (1º experimento 35°C)	162
Tabla 4.33	Inhibición (1º experimento 35 °C)	164
Tabla 4.34	Biodegradabilidad del del laurato y estearato de sodio (2º experimento 35°C)	168
Tabla 4.35	Biodegradabilidad del del laurato y estearato de sodio (2º experimento 55°C)	170
Tabla 4.36	Biodegradabilidad del del laurato y estearato de sodio (2º experimento 20°C)	172
Tabla 4.37	Inhibición (2º experimento 55 °C)	172
Tabla 4.38	Parámetros de ajuste C12Na	176
Tabla 4.39	Parámetros de ajuste C18Na	179
Tabla 6.1	Caudales del periodo I	185
Tabla 6.2	Caudales del periodo II	186
Tabla 6.3	Sólidos totales y volátiles. Entrada Muestreo I	187
Tabla 6.4	Sólidos totales y volátiles. Salida Muestreo I	187
Tabla 6.5	Sólidos totales y volátiles. Entrada Muestreo II	188
Tabla 6.6	Sólidos totales y volátiles. Salida Muestreo II	188
Tabla 6.7	Concentraciones de jabón. Entrada Muestreo I	189
Tabla 6.8	Concentraciones de jabón. Salida Muestreo I	189
Tabla 6.9	Concentraciones de jabón. Entrada Muestreo II	190
Tabla 6.10	Concentraciones de jabón. Salida Muestreo II	190
Tabla 6.11	Distribución de jabón. Entrada Muestreo I	191
Tabla 6.12	Distribución de jabón. Salida Muestreo I	19

Tabla 6.13	Distribución de jabón. Entrada Muestreo II	192
Tabla 6.14	Distribución de jabón. Salida Muestreo II	192
Tabla 6.15	Caudales de sáido seco EDAR	193
Tabla 6.16	Humedades medias del campo	193
Tabla 6.17	Distribución granulométrica del campo	193
Tabla 6.18	Concentración de jabón en el campo antes de abonar	194
Tabla 6.19	Concentración de jabón. Muestreo 1	194
Tabla 6.20	Concentración de jabón. Muestreo 2	194
Tabla 6.21	Concentración de jabón. Muestreo 3	195
Tabla 6.22	Concentración de jabón. Muestreo 4	195
Tabla 6.23	Variaciones de los parámetros de operación Digestor 1	196
Tabla 6.24	Variaciones de los parámetros de operación Digestor 2	202
Tabla 6.25	Variaciones de los parámetros de operación Digestor 3	208
Tabla 6.26	Sáidos totales y volátiles. Digestores	214
Tabla 6.27	Alcalinidad de los digestores	215
Tabla 6.28	Relación ácidos grasos -alcalinidad en digestores experimentales	215
Tabla 6.29	Balance de cenizas en el digestor 1	216
Tabla 6.30	Balance de cenizas en el digestor 2	217
Tabla 6.31	Balance de cenizas en el digestor 3	218
Tabla 6.32	Concentración de jabón en el alimento a los digestores	219
Tabla 6.33	Concentración de jabón en el digestor 1	219
Tabla 6.34	Concentración de jabón en el digestor 2	220
Tabla 6.35	Concentración de jabón en el digestor 3	220
Tabla 6.36	Distribución de jabón en el alimento	222
Tabla 6.37	Distribución de jabón en el digestor 1	222
Tabla 6.38	Distribución de jabón en el digestor 2	223
Tabla 6.39	Distribución de jabón en el digestor 3	223
Tabla 6.40	Concentración de jabón/cenizas en el digestor 1	224
Tabla 6.41	Concentración de jabón/cenizas en el digestor 2	225
Tabla 6.42	Concentración de jabón/cenizas en el digestor 3	226
Tabla 6.43	Eliminación de jabón en el digestor 1	227
Tabla 6.44	Eliminación de jabón en el digestor 2	228
Tabla 6.45	Eliminación de jabón en el digestor 3	229
Tabla 6.46	Monitorización presiones C12Na (1º experimento 35 °C)	230
Tabla 6.47	Monitorización presiones C18Na (1º experimento 35°C)	232
Tabla 6.48	Carbono inorgánico disuelto (1º experimento 35°C)	234
Tabla 6.49	Monitorización presiones C12Na (2º experimento 35 °C)	235
Tabla 6.50	Monitorización presiones C18Na (2º experimento 35 °C)	236
Tabla 6.51	Carbono inorgánico disuelto (2º experimento 35°C)	239
Tabla 6.52	Monitorización presiones C12Na (2º experimento 55 °C)	240
Tabla 6.53	Monitorización presiones C18Na (2º experimento 55 °C)	243
Tabla 6.54	Carbono inorgánico disuelto (2º experimento 35°C)	246
Tabla 6.55	Monitorización presiones C12Na (2º experimento 20°C)	247
Tabla 6.56	Monitorización presiones C18Na (2º experimento 20 °C)	251
Tabla 6.57	Carbono inorgánico disuelto (2º experimento 20°C)	255
Tabla 6.58	Ajuste del compuesto C12Na	267

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	β-Oxidación	23
Figura 1.2	Principales mecanismos de la digestión anaerobia	59
Figura 1.3	Perfil vertical idealizado de un sedimento rico en sustancias orgánicas	68
Figura 3.1	Ciclo ambiental de los jabones	77
Figura 3.2	Esquema del proceso de depuración EDAR Rincón de León	83
Figura 3.3	Detalle de la línea de digestión de lodos EDAR R.León	83
Figura 3.4	Perdida de peso para un lodo por calcinación	85
Figura 3.5	Derivatización con Br -MmC	87
Figura 3.6	Esquema del proceso de análisis de jabón	88
Figura 3.7	Cromatograma de un patrón de jabón	89
Figura 3.8	Cromatograma de un lodo sin digerir	90
Figura 3.9	Cromatograma de un lodo digerido	91
Figura 3.10	Campo de cultivo estudiado y toma de muestra	94
Figura 3.11	Zona de estudio en la Bahía de Babel	98
Figura 3.12	Puntos de muestreo de sedimentos marinos	99
Figura 3.13	Esquema del montaje de digestión anaerobia	104
Figura 4.1	Evolución de los caudales de biogás en los digestores EDAR	125
Figura 4.2	Evolución de los caudales de lodo durante el estudio	125
Figura 4.3	Evolución de los jabones en los digestores anaebios de EDAR	128
Figura 4.4	Variación de la distribución de jabones en digestores EDAR	130
Figura 4.5	Eliminación de jabones en EDAR	134
Figura 4.6	Evolución de la concentración de jabón en el campo enmendado	138
Figura 4.7	Porcentajes de materia orgánica del sedimento en profundidad	144
Figura 4.8	Concentración de jabón de los sedimentos en profundidad	147
Figura 4.9	Variación del pH en el digestor 1	151
Figura 4.10	Variación del potencial redox en el digestor 1	152
Figura 4.11	Variación del biogas en el digestor 1	152
Figura 4.12	Variación de la distribución de jabón en los digestores experimentales	158
Figura 4.13	Producción de gas C12Na 1º experimento 35 °C	162
Figura 4.14	Producción de gas C18Na 1º experimento 35 °C	162
Figura 4.15	Curvas típicas de producción de gas de compuestos orgánicos incubados anaeróbicamente	165
Figura 4.16	Producción de gas C12Na 2º experimento 35 °C	166

Figura 4.17	Producción de gas C18Na 2º experimento 35 °C	166
Figura 4.18	Producción de gas C18Na 2º experimento 55 °C	169
Figura 4.19	Producción de gas C12Na 2º experimento 55 °C	169
Figura 4.20	Producción de gas C12Na 2º experimento 20 °C	171
Figura 4.21	Producción de gas C18Na 2º experimento 20 °C	171
Figura 4.22	Ajuste compuesto C12Na	177
Figura 6.1	Variación del pH en el digestor 2	257
Figura 6.2	Variación del potencial re dox en el digestor 2	257
Figura 6.3	Variación del biogas en el digestor 2	258
Figura 6.4	Variación del pH en el digestor 3	258
Figura 6.5	Variación del potencial redox en el digestor 3	259
Figura 6.6	Variación del biogas en el digestor 3	259
Figura 6.7	Calibración de jabones	260
Figura 6.8	Calibración de carbono total	264
Figura 6.9	Calibración de carbono inorgánico	265



**ABREVIATURAS**

ABS	Alquilbenceno sulfonato
ACN	Acetonitrilo
AE	Alcoholes etoxilados
AES	Etoxilados sulfonados
AGV	Acidos grasos volátiles
AI	Alcalinidad intermedia
AP	Alcalinidad parcial
APE	Alquilfenoles etoxilados
AS	Alcoholes sulfatados
b	Coeficiente de extinción
Br-MmC	Bromometil metoxi cumarina
C	Carbono
Ca <sup>+2</sup>	Calcio
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato cálcico
CE	Comunidad Europea
CH <sub>4</sub>	Metano
CI	Carbono inorgánico
CT	Carbono total
CMC	Concentración crítica micelar
COD	Carbono orgánico disuelto
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CV	Coeficiente de variación
C8	Acido caprílico
C10	Acido cáprico
C12	Acido laurico
C14	Acido mirístico
C16	Acido palmítico
C16.1	Acido palmitoléico
C18	Acido estearico
C18.1	Acido oléico
C18.2	Acido linoléico
C20	Acido araquidónico
C12Na	Laurato sódico
C18Na	Estearato sódico
C18.1Na	Oleato sódico
C22Na	Behenato sódico
DBO <sub>5</sub>	Demanda bioquímica de oxígeno
DIC	Carbono inorgánico disuelto
DOC	Carbono orgánico disuelto
DQO	Demanda química de oxígeno
EC50	Concentración efectiva de una muestra que origina una disminución del 50% de la emisión de luz de un reactivo bacteriano
EDAR	Estación depuradora de aguas residuales
EDTA	Etilen diamina acido tetracético
EDTA-Ca	Etilen diamina acido tetracético cálcico

EDTA-3K	Etilen diamina acido tetracético-3 potasio
FO	Función objetivo
g	Gravedad
H <sub>2</sub>	Hidrógeno
hab	Habitante
H <sub>2</sub> S	Sulfuro de hidrógeno
HPLC	Cromatografía líquida de alta resolución
K <sub>i</sub>	Constante de inhibición
K <sub>s</sub>	Constante de saturación de sustrato
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Carbonato potásico
LAS	Alquilbenceno sulfonatos lineales
Mg <sup>+2</sup>	Magnesio
MeOH	Metanol
MO	Materia orgánica
N	Normalidad
NOEC	no observed effects
OCDE	Organización para la cooperación y desarrollo europeo
O <sub>2</sub>	Oxígeno
OD	Oxígeno disuelto
PIB	Producto interior bruto
R <sub>x</sub>	Velocidad de crecimiento
S	Concentración de sustrato
S <sub>0</sub>	Concentración inicial de sustrato
SBR	Caucho de estireno butadieno
SD	Desviación standart
SS	Sólidos suspensión
SV	Sólidos volátiles
T	Temperatura
TPP	Tripolifosfato sódico
V <sub>p</sub>	Volumen de biogás generado
X	Concentración de masa celular
X <sub>0</sub>	Concentración inicial de microorganismos
Y <sub>p</sub>	Coeficiente estequiométrico de la producción de biogás
Y <sub>x</sub>	Coeficiente estequiométrico de la producción de microorganismos
μ	Velocidad específica de crecimiento
μ <sub>m</sub>	Máxima velocidad específica de crecimiento.



## UNIDADES

°C	Grado centígrado
CV	Caballo de vapor
d	días
g	Gramos
h	Hora
°K	Grado kelvin
Kg	Kilogramo
KJ	kilojulio
Km	kilometro
KW	Kilovatio
L	Litro
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro cuadrado
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
mg	Miligramo
min	Minuto
mL	Mililitro
mm	Milimetro
mm <sup>2</sup>	Milimetro cuadrado
nm	Nanometro
t	Tonelada
µm	micrometro
µL	microlitro

## CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO SOBRE EL COMPORTAMIENTO AMBIENTAL Y DEGRADACIÓN DE JABONES

El jabón, es el tensioactivo más antiguo que se conoce, por su estructura química puede catalogarse como un tensioactivo aniónico del tipo carboxilato. El jabón presenta la característica de precipitar en aguas de dureza calcio-magnésicas por lo que en las aguas residuales se presenta casi totalmente absorbido o precipitado en los sólidos en suspensión. La producción mundial de jabón es de 8,9 millones de toneladas, ocupando el primer lugar en cuanto a producción de tensioactivos.

Respecto a su consumo, de los seis tensioactivos dominantes en Europa Occidental, USA y Japón ocupa igualmente el primer lugar con un consumo de 1,6 millones de toneladas.

Dados los elevados niveles de producción y consumo de jabón resulta de sumo interés desde el punto de vista ambiental conocer los niveles de concentración de este compuesto en las matrices ambientales que son receptoras del mismo, así como su eliminación y biodegradación.

En el presente trabajo se ha estudiado la eliminación de jabones en lodos de depuradora, su comportamiento en tierras de cultivos enmendadas con lodos y su presencia en sedimentos marinos. Complementariamente se estudio la degradación de jabones en digestiones anaerobios de laboratorio utilizando para ello lodo procedente de estación depuradora de aguas residuales (EDAR) Rincón de León (Alicante). Finalmente se ha realizado un estudio de la biodegradación última del jabón en condiciones controladas de laboratorio, comprobando la influencia de la concentración del compuesto y de la temperatura. Así se ha encontrado en el lodo de las aguas residuales concentraciones de 20 a 30 mg/g ss en lodos digeridos y de 90 a 100 mg/g ss en los lodos no digeridos. La eliminación de jabón en la etapa de digestión anaerobia de la EDAR Rincón de León es del 80%. En los campos enmendados con lodos se ha encontrado jabón en concentraciones comprendidas entre 1,46 a 0,47 mg/g ss., y una vida media de este compuesto en el campo estudiado de 161 días. En los sedimentos marinos analizados se ha encontrado concentraciones de jabón entre 0,083 a 0,154 mg/g ss. En los experimentos con digestores de laboratorio se ha encontrado un porcentaje de eliminación de jabón del 71 al 80%, que son del mismo orden de magnitud que el encontrado en la planta industrial y que confirma que la eliminación de jabón en los digestores no es completa. En los ensayos de biodegradación última se ha encontrado que el jabón es biodegradable a todas las concentraciones ensayadas de 100 a 800 ppm de C. y que la concentración de 1000 ppm C de  $C_{12}Na$  inhibe la formación de biogás a 35°C.

## CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE ENVIRONMENTAL BEHAVIOR AND DEGRADATION OF SOAPS

Soap is the oldest known surfactant. Due to its chemical structure it can be cataloged as a carboxylate type anionic surfactant. Soap has the characteristic of precipitating in Ca-Mg hard waters, for that reason it is present in residual waters almost totally absorbed or precipitated in the suspended solids. 8.9 million tons of soap are produced worldwide, the first place in surfactant production.

Regarding its consumption, it is also in the first place of the 6 dominant surfactants of Western Europe, USA and Japan, with a consumption of 1.6 million tons. Given the high levels of production and consumption of soap it is most interesting, from the environmental point of view, to know the concentration levels of this compound in the environmental matrixes that receive it, at the same time as its elimination and biodegradation properties.

In this work the elimination of soaps in the sludge of waste water treatment plants has been studied, together with its behavior in cultivated lands ameliorated with sludge and its presence in marine sediments. Complementary, a study of the degradation of soaps in laboratory anaerobic digesters was carried out, sludge originated in the waste water treatment plant (WWTP) of Rincón de León (Alicante) was used for this purpose. Finally a study of the ultimate biodegradation of soap under controlled laboratory conditions was carried out, verifying the influence of the compound concentration and temperature.

Thus it was possible to find concentrations of 20 to 30 mg/g ss in digested sludge and 90 to 100 mg/g ss in non-digested sludge originated from residual waters. The elimination of soaps in the phase of anaerobic digestion of the WWTP Rincón de León is in the range of 80%. In the fields ameliorated with sludge soap concentrations between 1.46 and 0.47 mg/g ss were found, and the half-life of this compound in the field was estimated in 161 days. Soap concentrations between 0.083 and 0.154 mg/f ss were found in the marine sediments analyzed. In the experiments with laboratory digesters the soap was eliminated in between 71 to 80%, the same order of magnitude found in the industrial plant and at the same time confirms that the elimination of soap in the digesters is not complete. In the ultimate biodegradation studies it was found that soap is biodegradable in all concentrations tried (100 to 800 ppm C) and that the concentration of 1000 ppm C of C<sub>12</sub>Na inhibits the biogas formation at 35 °C.